

4/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent, WPI
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

008608880 **Image available**

WPI Acc No: 1991-112910/ 199116

XRPX Acc No: N91-086910

Superconductive wiring of high critical current valve - laminates double
laminated structure of superconductor and material no indicating
superconductive state in temperature NoAbstract Dwg 1/2

Patent Assignee: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP (NITE)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat. No	Kind	Date	Week
JP 3053413	A	19910307	JP 89187297	A	19890721	199116 B

Priority Applications (No Type Date): JP 89187297 A 19890721

Title Terms: SUPERCONDUCTING; WIRE; HIGH; CRITICAL; CURRENT; VALVE;

LAMINATE; DOUBLE; LAMINATE; STRUCTURE; SUPERCONDUCTING; MATERIAL; NO;

INDICATE; SUPERCONDUCTING; STATE; TEMPERATURE; NOABSTRACT

Derwent Class: X12

International Patent Class (Additional): H01B-012/06

File Segment: EPI

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-053413

(43)Date of publication of application : 07.03.1991

(51)Int.Cl.

H01B 12/06

(21)Application number : 01-187297

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 21.07.1989

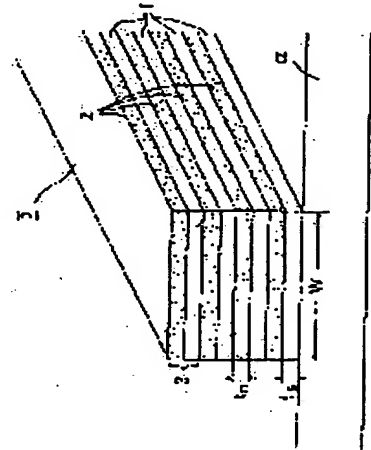
(72)Inventor : TAZO YASUO

(54) SUPERCONDUCTIVE WIRING

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain big critical current value by laminating a base unit of a double-lamination construction consisting of a superconductor and a material showing no superconductivity at a working temperature of a wiring a plurality of times.

CONSTITUTION: A double laminate 3 consisting of a superconductor 1 having the thickness t_s and a material 2 (insulator, semiconductor, metal, superconductor having superconductive transit temperature T_c under working temperature) showing no superconductive state at a workin temperature of a wiring having the thickness t_n is made into a wiring γ being laminated N (>2) times. Accordingly, a magnetic field easily invades the material 2 showing no superconductive state at a working temperature while invading the super conductor 1 only by a characteristic from the surface due to a Meissner effect or a penning effect so that a current comes to flow on the surface of the superconductor 1. Thereby, a superconductive wiring having big critical current value can be obtained.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-53413

⑬ Int. Cl.³

H 01 B 12/06

識別記号

Z A A

庁内整理番号

8936-5G

⑭ 公開 平成3年(1991)3月7日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑮ 発明の名称 超伝導配線

⑯ 特 願 平1-187297

⑰ 出 願 平1(1989)7月21日

⑱ 発 明 者 田 雑 康 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 菅 隆 彦

明 細 書

1. 発明の名称

超伝導配線

2. 特許請求の範囲

1. 超伝導体と、配線の使用温度では超伝導を示さない物質とからなる2重積層構造を基本単位に、複数回積層することを特徴とする超伝導配線。

2. 超伝導体は、高T_C酸化物超伝導体であることを特徴とする請求項1記載の超伝導配線。

3. 超伝導体と、配線の使用温度では超伝導を示さない物質とを、単結晶体としたことを特徴とする請求項2記載の超伝導配線。

4. 配線の使用温度では超伝導を示さない物質は、高T_C酸化物超伝導体との格子の不整合率が4%以下であることを特徴とする請求項2記載の超伝導配線。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、高い臨界電流値を持つ超伝導配線、特にその構造の改良に関するものである。

(従来の技術)

超伝導体は直流での電気抵抗が零で、かつ高周波ロスも金属に比べ格段に小さいので、超伝導配線は、半導体・超伝導LSI、光デバイス等のエレクトロニクス分野のみならず、電力輸送、マグネット等のパワーエレクトロニクスの分野でも大きな期待が寄せられている。超伝導配線に電流を流していくと、ある電流値以上では超伝導状態が壊れ常伝導状態に移る(超伝導状態を維持できる最大の電流値は、臨界電流値と呼ばれている)。つまり、臨界電流値以上の電流を配線に流すと、前記の零直流抵抗、低高周波ロス等の超伝導体の特徴が消失してしまう。従って、臨界電流値を増加させることは、超伝導配線の応用の観点から、非常に重要になってくる。

超伝導配線の応用の形態は数多くあるが、最も基本的構造は、第2図に示すようなものである。これは、LSI上の配線として良く用いられる基本的構造である。Si、SiO₂等の基板α上に、幅W、厚みtの超伝導体からなる配線βが形成さ

れる。ここで、この配線β構造における臨界電流値を求めてみる。

簡単化のために、まず、配線βに流れる電流により生じる自己磁場と外部印加磁場との和が超伝導体の第1臨界磁場 H_{c1} より小さい場合を考えてみる。この場合、マイスナー効果のため電流は超伝導体表面からロンドンの侵入長さ λ の深さまでの領域を表面電流として流れる。従って、臨界電流値 I_{c1} は下式で与えられる。

$$I_{c1} = 2 j_c \lambda (W + t - 2\lambda) \dots (1)$$

ここで、 j_c は超伝導体の臨界電流密度である。幅Wが厚みtに比べ十分大きいと、近似的に

$$I_{c1} \sim 2 j_c \lambda (W - 2\lambda) \dots (2)$$

となり、臨界電流値は厚みtに無関係になる。

(発明が解決しようとする課題)

つまり、従来の配線βにおいては厚みtを厚く

しても臨界電流値を増加させることができないという重大な欠点を持っていることを意味している。

以上の説明は、自己磁場と外部印加磁場との和が超伝導体の第1臨界磁場 H_{c1} より小さい場合であったが、 H_{c1} より大きい場合は量子化磁束が超伝導体中に侵入する。しかし、量子化磁束は超伝導体表面から侵入するため表面近傍ほどその密度が高く、また磁場勾配により電流が流れることを考え併せると、ロンドンの侵入距離 λ とは異なるがある特性距離(超伝導体のピニングの強さで決定される距離)の範囲を、電流は同様に表面電流として流れる。従って、前記欠点は同様に生じる。

このにおいて本発明は、前記従来の欠点に臨み大きい臨界電流値を持つ超伝導配線を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

前記課題の解決は、本発明の超伝導配線が、超伝導体と、配線の使用温度では超伝導を示さない物質とからなる2重積層構造を基本単位に、複数

回積層する構成手段を採用することにより達成される。

(作用)

本発明が講じた前記手段として、超伝導体薄層と、配線の使用温度では超伝導状態を示さない物質(絶縁体、半導体、金属、超伝導転移温度 T_c が使用温度以下の超伝導体)とから形成された積層膜からなる2重積層構造を基本単位に、複数回積層した構造により、超伝導体の表面面積を増加せ、これにより、大きな臨界電流値を持つ超伝導配線を実現できる。

(実施例1)

本発明の第1実施例を第1図につき説明する。

本実施例は、厚み t_s の超伝導体1と、厚み t_n の配線の使用温度では超伝導状態を示さない物質2(絶縁体、半導体、金属、超伝導転移温度 T_c が使用温度以下の超伝導体)からなる2重積層体3を、 $N(>2)$ 回積層した配線 γ である。この超伝導配線 γ の臨界電流値を求めてみる。使用温度では超伝導状態を示さない物質2(絶縁体、

半導体、金属、超伝導転移温度 T_c が使用温度以下の超伝導体)中には磁場が容易に侵入するが、超伝導体1中にはマイスナー効果、あるいはピニング効果により表面からある特性距離のみしか侵入しないので、電流は超伝導体1の表面を流れることになる。従って、臨界電流値 I_{c2} は各超伝導薄層の表面電流の和となるので、

$$I_{c2} = 2 j_c \lambda N (W + t_s - 2\lambda) \dots (3)$$

となる。同様に、幅Wが厚み t_s に比べ十分大きいと、近似的に

$$I_{c2} \sim 2 j_c \lambda N (W - 2\lambda) \dots (4)$$

となる。

ここで、配線 γ 全体の厚み t は、

$$t = N (t_s + t_n) \dots (5)$$

で与えられる。(5)式のNを(4)式に代入すると、

$$I_{c2} \sim 2 J_{c\lambda} (W - 2\lambda) t / (t_s + t_n) \\ - I_{c1} t / (t_s + t_n) = N I_{c1} \dots (6)$$

となる。つまり、臨界電流値 I_{c2} は全体の膜厚に比例して増加すると共に、同じ厚みでも従来の単層超伝導配線 b の臨界電流値 I_{c1} に比べ N 倍大きな値を実現できることを意味している。

(実施例2)

第2実施例としては、超伝導体1として、Pb、Nb、NbN、NbTi、PbIn等の、いわゆる低 T_C 超伝導体(1986年に発見された $La_{1-x}M_xCuO_y$ (M: Sr, Ba) をきっかりに探索が進められた酸化物系超伝導体は超伝導転移温度 T_C が従来の超伝導体に比べ著しく高いことから、高 T_C 酸化物超伝導体と呼ばれている。それに対して従来の超伝導体を低 T_C 超伝導体と呼ぶ。)を用いる場合である。配線の使用温度で

等の高 T_C 酸化物超伝導体を用いる場合である。前記した系の超伝導体、及び関連する酸化物超伝導体を本実施例として使用できる。本実施例の特徴は、配線 γ の使用温度を上昇させることができることである(例えば、従来の配線 β の超伝導体として、最高の転移温度 23 K を持つ Nb₃Ge を適用した場合でも使用温度は高々 23 K 以下であったが、酸化物超伝導体 LnBaCuO_y 系を用いると 90 K 以下で使用できる。)。特に、工業的に広く用いられている液体窒素の沸点 77 K でも動作させることができるため、冷却コストの低減等のために配線の適用領域を拡大できるメリットがある。

(実施例4)

第4実施例としては、前記第3実施例において、超伝導体1、及び配線 γ の使用温度で超伝導状態を示さない物質2を、両者共に単結晶薄膜にすることである。前記第3実施例において、例えば、 T_C 酸化物超伝導体として LnBaCuO_y 系を、使用温度で超伝導状態を示さない物質として金属

超伝導状態を示さない物質2としては磁場への影響が少ない、つまり真空の透磁率に近い透磁率を持つ物質で構成する。これは、基本的には、使用温度で超伝導状態を示す超伝導体、あるいは磁性体を除く物質であればどのようなものでも良く、絶縁体、半導体、金属、使用温度に比べ低い超伝導転移温度 T_C を持つ超伝導体など多くの材料系を用いることができる。例えば、SiO₂、MoO₃、Si、Ge、W、Ti、Biなどが挙げられる。

ところで、 $La_{1-x}M_xCuO_y$ (M: Sr, Ba) は超伝導転移温度 T_C が 30~40 K と従来の超伝導体に比べ著しく高いことから、酸化物超伝導体の探索が進められ、転移温度 $T_C \sim 90$ K の LnBaCuO_y 系(Lnはイットリウム(Y)、あるいはランタノイド元素)、同じく ~ 110 K の BiSrCaCuO_y 系、同じく ~ 120 K の TlBaCaCuO_y 系の発見が相次いだ。

(実施例3)

第3実施例としては、超伝導体1として、これ

AQを用いた場合、酸化物超伝導体とAQの格子定数が大きく異なるため、超伝導体1が微結晶の集合体、いわゆる多結晶体になってしまう。酸化物超伝導体のコヒーレンス長は従来の配線 β の超伝導体のコヒーレンス長に比べ極めて短いため、結晶粒界に存在するバリアにより結晶間を超伝導電流が流れ難くなり、臨界電流密度 J_c が桁違いに小さくなってしまふ(単結晶では J_c は 10^7 A/cm²、多結晶体では 10^3 A/cm² のオーダーと4桁以上小さいことが報告されている。)。これは、酸化物超伝導体の物性に依る酸化物超伝導体特有の問題である。配線 γ の表面電流パスにも結晶粒界が存在するため、積層構造による臨界電流の増大効果を打ち消す程に、臨界電流値が大きく減少してしまう欠点を持っている。本実施例では、超伝導体1は単結晶体であるために結晶粒界は存在せず、結晶粒界による臨界電流密度の低下を防止することができる。従って、積層構造による臨界電流値の増大効果を十分発揮させることができる。

本実施例で示した配線7構造、つまり高 T_C 酸化物超伝導体の単結晶薄膜、使用温度で超伝導状態を示さない物質から形成された単結晶薄膜からなる積層構造を実現するには、お互の上にエピタキシャル（相互エピタキシャルと呼ぶことにする。）成長が可能である必要がある。それには、格子定数の整合が満足されることが最も基本的条件である。ここで、酸化物超伝導体の格子定数、および格子整合条件について考えてみる。 $La_{1-x}M_xCuO_y$ ($M: Sr, Ba$)系は K_2NiF_4 構造の正方晶で格子定数 $a \sim 3.78 \text{ \AA}$ である。 $Ln_1Ba_2Cu_3O_y$ 系酸化物超伝導体は基本的には斜方晶形で格子定数は $a \sim 3.82 \text{ \AA}$ 、 $b \sim 3.88 \text{ \AA}$ であるが、この結晶構造は格子定数 a_0 の擬正方晶として扱ってもよい（ $|a-b|/b \sim 1.5\%$ ）。従って、 $a_0 \sim 3.85 \text{ \AA}$ の擬正方晶と考えてよい。また、 $BiSrCaCuO_y$ 系は $\sim 80 \text{ K}$ 相も $\sim 110 \text{ K}$ 相もほぼ正方晶で $a_0 \sim 3.86 \text{ \AA}$ である。 $TlBaCaCuO_y$

系は、 $a_0 \sim 3.86 \text{ \AA}$ の正方晶系である。

（実施例5）

次に、単結晶を実現するための格子の不整合の程度について説明する。最も、技術的に進んでる半導体の分野では、その不整合率は1%以下が許容されている。更にはヘテロエピタキシャルの代表であるSi上GaAs単結晶成長においては、 $\sim 4\%$ の格子の不整合が許容されている。いずれも現在良質な単結晶が実現され実用化されている。従って、このような科学技術上の一般概念から、酸化物超伝導体との相互エピタキシャル成長が可能な（配線7の使用温度では超伝導状態を示さない）物質2として、酸化物超伝導体との格子定数の不整合条件が4%以下の物質とする。一般に格子構造を考える上で対角線、あるいは対角線の $1/2$ を副格子とみなすことができるのは結晶学上でよく行なわれている。従って、例えば、 $BiSrCaCuO_y$ 系の場合、対角線副格子として $a_0/2^{1/2} \sim 3.82 \text{ \AA}$ を取ることができる。このような考え方に基付き、酸化物超伝導体との格

子定数の不整合条件が4%以下の物質の格子定数の範囲を次表1に示す。同表に、高 T_C 酸化物超伝導体との相互ヘテロエピタキシャルが可能な格子定数の範囲が示されている。

表1

高 T_C 酸化物超伝導体	ヘテロエピタキシャルが 可能な格子定数の範囲
$La_{1-x}M_xCuO_y$ 系	2.57 \AA ～2.78 \AA (2.67 \AA \pm 4%)
	3.63 \AA ～3.93 \AA (3.78 \AA \pm 4%)
	5.13 \AA ～5.56 \AA (5.34 \AA \pm 4%)
$Ln_1Ba_2Cu_3O_y$ 系	2.61 \AA ～2.83 \AA (2.72 \AA \pm 4%)
	3.70 \AA ～4.00 \AA (3.85 \AA \pm 4%)
	5.23 \AA ～5.66 \AA (5.44 \AA \pm 4%)
$BiSrCaCuO_y$ 系	2.59 \AA ～2.81 \AA (2.70 \AA \pm 4%)
	3.67 \AA ～3.97 \AA (3.82 \AA \pm 4%)
	5.18 \AA ～5.62 \AA (5.40 \AA \pm 4%)
$TlBaCaCuO_y$ 系	2.62 \AA ～2.84 \AA (2.73 \AA \pm 4%)
	3.71 \AA ～4.01 \AA (3.86 \AA \pm 4%)
	5.24 \AA ～5.68 \AA (5.46 \AA \pm 4%)

酸化物超伝導体との相互ヘテロエピタキシャルが可能な物質としては、表1の格子整合条件を満たす材料で、真空の透過率に近い透過率を持つ物質（使用温度で超伝導状態を示す超伝導体、あるいは磁性体を除く物質、例えば絶縁体、半導体、金属、使用温度に比べ低い超伝導転移温度 T_C を持つ超伝導体など）を用いることができる。この条件を満たす材料系としては数え切れない程に多くあるが、一例として、物質名、及び格子定数を次表2に示す。これが第5実施例である。図表に、高 T_C 酸化物超伝導体との相互ヘテロエピタキシャルが可能な物質例を示す。

表2 高T_c酸化物超伝導体との格子定数不整合がとれる物質

物質名	格子定数 (Å)	物質名	格子定数 (Å)
La	3.29	Zn	2.67
Ca	3.98	AlP	3.45
B-Cr	2.72	GeP	3.45
Ni	2.65	ZnS	3.42
BeCu	2.70	PbTe	2.60
ZnS	3.41	CaF ₂	3.45
Si	3.43	SrO	3.16
Eu	3.96	BaO	3.52
Yb	3.97	YAlO ₃	3.68
V	2.63	GdAlO ₃	3.71
Ru	2.84	EuAlO ₃	3.73
Rh	2.88	NdAlO ₃	3.75
Pd	2.75	SmAlO ₃	3.73
Cs	3.24	PrAlO ₃	3.76
W	2.74	LaAlO ₃	3.78
Re	2.73	NdGaO ₃	3.85
Os	2.67	PrGaO ₃	3.88
Ir	2.71	CeGaO ₃	3.88
Pt	2.77	CoF ₃	3.28
Mn	2.73	PdF ₃	3.52
Mo	2.73	CsCd(WO ₄) ₂	3.39
Na	3.72	DyFeO ₃	3.30
PbCl	2.79	GdCoO ₃	3.73
W	2.74	NaMgF ₃	3.363

(実施例6)

第6実施例としては前記第5実施例において配線7の動作温度では超伝導状態を示さない物質2の結晶構造を、ペロウスカイト構造とするものである。超伝導転移温度 $T_c \sim 90\text{K}$ を持つ $\text{Ln}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ ($\text{Ln}:\text{Y}$ 、あるいはランタノイド元素)はCu原子を中心にした酸素八面体が規則的に配列したペロウスカイト構造が基本となっている。また、転移温度 $\sim 80\text{K}$ 、 $\sim 110\text{K}$ を持つ BiSrCaCuO_y 系超伝導体(転移温度 $\sim 80\text{K}$ は $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_y$ 、転移温度 $\sim 110\text{K}$ は $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ とされている。)、あるいは転移温度 $\sim 120\text{K}$ の TlBaCaCuO_y 系超伝導体も同様な構造とみなせる。従って、酸化物超伝導体との相互ヘテロエピタキシャル成長を考える際、同一の結晶構造を持つ物質がより良い選択になることが予想できる。それ故、本実施例としては、配線7の使用温度では超伝導状態を示さない物質2として、酸化物超伝導体との格子定数不整合度が4%

以下で、酸化物超伝導体と同様の結晶構造であるペロウスカイト構造を持つ物質とすることにある。

(実施例7)

更に、前記第4乃至第6実施例に対しての共通の補足的条件として、配線7の使用温度では超伝導状態を示さない物質2として、その物質構成元素の超伝導体中への拡散による超伝導性の劣化が少ないことが挙げられる。本実施例としては、前記第4乃至第6実施例で、この条件を具備したものである。例えば、酸化物超伝導体の構成元素で、格子定数の不整合度が4%以下の金属として、La、Ca、Eu、Yb等、及びこれ等の合金、酸化物超伝導体との反応による超伝導性の劣化がないと実験的に確認されているPt、Pd、Ru、V等の金属、SrO、BaO等の酸化物、CaF₂等の弗化物等がある。また、同様の考え方で、酸化物超伝導体の構成元素である希土類を含むペロウスカイト構造の物質が挙げられる。更にこれ等のペロウスカイト構造の内、酸化物超伝導体と熱的、化学的に反応しにくい材料系の方が更によ

り過している可能性が高い(従って、出来るだけ高融点材料が望ましい)。この観点から、例えば、 $LnXO_3$ ($X: Fe, Co, Ni$)、 $LnAlO_3$ 、 $LaGaO_3$ (Ln : イットリウム、及びランタノイド金属) などがある。

(発明の効果)

かくして本発明は、超伝導体薄膜と、使用温度では超伝導状態を示さない物質(絶縁体、半導体、金属、超伝導転移温度 T_c が動作温度に比べ低い超伝導体)から形成された薄膜からなる2重積層構造を基本単位に複数回積層した構造により、超伝導体表面面積を増加させることができる。従って、大きな臨界電流値を持つ超伝導配線を実現でき、エレクトロニクスからパワーエレクトロニクスの分野に渡るまで、幅広い応用が期待できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例による超伝導配線の基本構造を示す斜断面図、第2図は従来の超伝導配線の基本構造を示す斜断面図である。

1…超伝導体、2…配線の使用温度で超伝導状

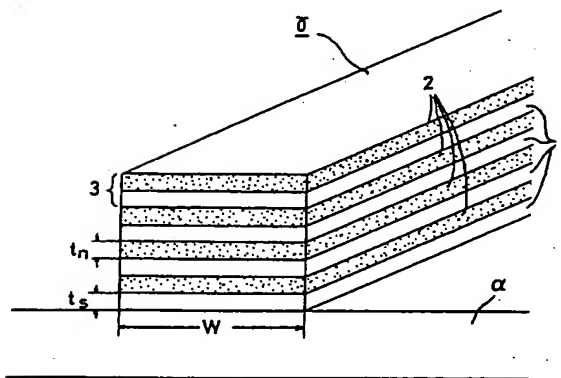
態を示さない物質、3…2重積層体、 α …基板
 β 、 γ …配線、 t 、 t_n 、 t_s …厚み、 W …幅

特許出願人 日本電信電話株式会社

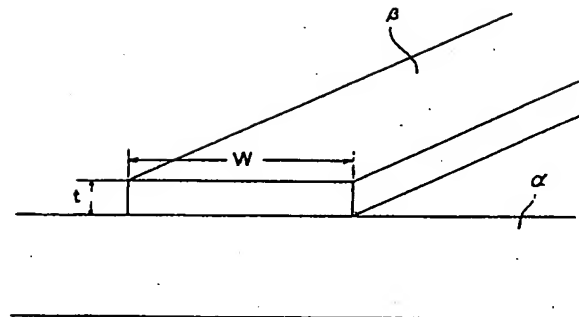
代理人 菅 隆



第1図



第2図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.